

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Ciências Agrárias  
Departamento de Aquicultura  
Curso de Graduação em Engenharia de Aquicultura

Cultivo heterotrófico do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*  
avaliando duas metodologias de remoção de sólidos

Caio Cesar Franca Magnotti

Florianópolis, SC  
2011

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Ciências Agrárias  
Departamento de Aquicultura  
Curso de Graduação em Engenharia de Aquicultura

Cultivo heterotrófico do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*  
avaliando duas metodologias de remoção de sólidos

Relatório do Estágio Supervisionado II do  
Curso de graduação em Engenharia de Aquicultura

Acadêmico: Caio Cesar Franca Magnotti  
Orientador: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana  
Supervisor: MSc. Rafael da Fonseca Arantes

Florianópolis, SC  
2011

MAGNOTTI, CAIO

CULTIVO HETEROTRÓFICO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei* AVALIANDO DUAS METODOLOGIAS DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS

RELATÓRIO DO ESTAGIO SUPERVISIONADO II  
CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA  
CENTRO DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

FLORIANOPOLIS/SC - BRASIL

páginas

37

## Agradecimentos

Agradeço a todos meus familiares que me ajudaram nesta empreitada.

Agradeço a todos os funcionários, estagiários, mestrandos e doutorandos do Laboratório de Camarões Marinhos – LCM que participaram ativamente deste trabalho.

Agradeço aos companheiros dos plantões de fim de semana, de discussão e de desenvolvimento dos experimentos, por todo conhecimento agregado.

Ao Carlos por me ensinar pacientemente os procedimentos e execução das análises físico químicas realizadas no setor de qualidade de água.

Ao Dr. Luis Vinatea, por me incentivar e apoiar durante todo período de graduação.

Agradeço especialmente ao Rafael Arantes por acreditar em mim e me ensinar tudo o que sei hoje sobre cultivo heterotrófico. Tudo isso com companheirismo e paciência em me auxiliar a todo o momento.

Obrigado aos professores que propiciaram as condições para que este trabalho fosse executado, com financiamento, insumos e auxílio técnico.

Obrigado a todos os outros que de alguma forma influenciaram no meu aprendizado.

## Sumário

Resumo .....	7
1 - Introdução .....	8
1.1 – Sistemas de cultivo .....	11
1.1.1 – Cultivo heterotrófico com renovação parcial de água .....	11
1.1.2 – Cultivo heterotrófico com decantadores. ....	12
2 – Objetivos.....	12
2.1 – Objetivo geral.....	12
2.2 – Objetivos específicos .....	13
3 – Justificativa .....	13
4 – Materiais e métodos.....	14
4.1 – Localização .....	14
4.2 – Unidades experimentais.....	14
4.3 – Aclimação das pós larvas a baixa salinidade .....	15
4.4 – Alimentação .....	15
4.5 – Fertilização e manutenção da relação Carbono/Nitrogênio .....	16
4.6 – Procedimento de retirada de sólidos .....	17
4.6.1 – Sistema com renovação parcial de água.....	17
5.6.2 – Sistema com decantador.....	18
4.7 – Parâmetros de qualidade de água .....	18
4.8 – Cronograma de atividades .....	20
4.9 – Biometria.....	21
4.10 – Despesca.....	21
4.11 – Análise estatística .....	21
5 – Resultados.....	22
5.1 – Qualidade de água.....	22
5.2 – Manejo de sólidos .....	24
5.3 – Desempenho zootécnico.....	26
6 – Discussão .....	28
6.1 – Qualidade de água.....	28
6.2 – Manejo de sólidos .....	29
6.3 – Desempenho zootécnico.....	30
7 – Considerações finais.....	33
8 – Referencias Bibliográficas.....	34

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, frequência e técnicas de análise laboratoriais. ....	19
Tabela 2. Cronograma de análises físicas e químicas de água .....	19
Tabela 3. Cronograma de atividades semanal de produção .....	20
Tabela 4. Cronograma diário de produção.....	20
Tabela 5. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos para os tratamentos com renovação (IR) e com decantador (IB), durante o período de cultivo. ....	22
Tabela 6. Parâmetros de qualidade de água dos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB), durante o período de cultivo. Valores de Dif. Significativa correspondem a comparações por ANOVA bi-fatorial avaliando (Tr), dias (D) e a interação tratamento x dia (Tr x D).....	22
Tabela 7. Volume de efluente gerado por tanque, por kg de camarão produzido e por kg de ração fornecida durante o cultivo, nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). ....	25
Tabela 8. Índices de desempenho zootécnico atingidos durante o cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). ....	26

## Lista de figuras

Figura 1. Local do experimento e disposição dos tanques de cultivo .....	14
Figura 2. Decantador .....	14
Figura 3. Disposição dos air-lifts e aeração central nos tanques de cultivo .....	15
Figura 4. Variação das concentrações de amônia, nitrito e nitrato durante o período de cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). .....	23
Figura 5. Relação Carbono:Nitrogênio e composição da mistura de fertilizantes fonte de carbono orgânico durante o período de cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). .....	24
Figura 6. Variação da concentração de sólidos suspensos totais (SST) e do volume de sólidos sedimentáveis durante o cultivo, nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). .....	25
Figura 7. Ganho de peso semanal (GPS) e curva de crescimento dos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). .....	26
Figura 8. Salinidade, índice pluviométrico local e temperatura da água dos tanques no período de cultivo em ambos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB). .....	27

## Resumo

O sistema heterotrófico é uma tecnologia que vem sendo desenvolvida a fim de se tornar uma alternativa aos cultivos tradicionais do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Para manejá-lo se faz necessária a retirada periódica de sólidos da água, os quais não foram consumidos pelos camarões e ficam em excesso no tanque, podendo causar diversos problemas. Este experimento foi realizado com intuito de comparar índices de qualidade de água, volume de efluentes e desempenho zootécnico dos camarões em tanques com retirada de sólidos por decantadores (tratamento IB) e por renovação parcial (tratamento IR). Unidades experimentais consistiram em tanques circulares de 50 m<sup>2</sup> de fundo e volume de trabalho igual a 48 m<sup>3</sup>, em triplicata, onde as unidades do tratamento IB apresentavam um decantador circular de 700 Litros acoplado lateralmente em cada tanque de cultivo. A densidade inicial foi de 164 cam/m<sup>2</sup>, sendo que estes apresentavam peso médio de 0,67 g. Os índices de qualidade de água não tiveram diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). No tratamento IB os sólidos foram manejados de maneira mais fácil e contínua. Este gerou menos efluentes com valores de 8,85 L/kg camarão produzido e 7,25 L/kg de ração utilizada, contra 162,58 L/kg camarão e 97,12 L/kg ração em IR ( $p<0,05$ ), e apresentou melhor desempenho zootécnico com peso final de 12,76 g, contra 10,16 g em 61 dias de experimento, com ganho de peso semanal de 1,44 g contra 1,15 g ( $p<0,05$ ). O manejo dos sólidos suspensos totais e dos sólidos sedimentáveis foi possível nos dois tratamentos. Entretanto o cultivo sem troca de água, com retirada de sólidos por sedimentação em um decantador acoplado ao tanque, apresentou um grande potencial de aplicação. Isso porque nestas condições experimentais, foram obtidos animais maiores e produtividades mais elevadas, com menor gasto de água e melhor facilidade de manejo.

Palavras chave: remoção de sólidos, bioflocos, efluentes, vannamei, intensivo



## 1 - Introdução

A carcinicultura brasileira compreende o cultivo da espécie *Litopenaeus vannamei* principalmente nos Estados da Região Nordeste e no Estado de Santa Catarina (SANCHES, 2008). Esta espécie é nativa da costa oeste da região ocidental, mais precisamente do norte do Peru até Sonora, México, se concentrando nos mares do Equador (ELOVAARA, 2003).

Sanches (2008) descreve que em 2003 a produção foi maior que 90 mil toneladas, mas a partir de 2004, segundo Rodrigues (2005), alguns problemas sérios como enchentes, a ação antidumping<sup>1</sup> imposta pelos Estados Unidos, e posteriormente às viroses: Virus da Mionecrose Infecciosa (IMNV) no Nordeste e Virus da Síndrome da Mancha Branca (WSSV), em Santa Catarina acompanhados a uma desvalorização considerável do dólar, afetaram a produtividade e rentabilidade do cultivo.

O uso de sistemas intensivos no cultivo de organismos aquáticos, como peixes e camarões, que utilizam densidades de estocagem e níveis de arraçoamento elevados, contribui para a redução da qualidade da água e consequentemente favorece o aparecimento de organismos patogênicos, prejudicando o desempenho do cultivo (MCGHIE *et al.*, 2000). A intensificação dos cultivos geralmente leva a um colapso do sistema produtivo, refletindo em surtos epidêmicos de ordem bacteriana e viral (MENASVETA, 2002). Esses patógenos podem ter sérios impactos econômicos, não somente causando perdas com a mortalidade dos animais, mas também aumentando os custos de produção, através dos gastos com tratamentos ou com a redução na qualidade da produção (NOWAK, 2007).

Os cultivos superintensivos de camarão sem renovação de água, através de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica, vêm surgindo como um novo paradigma para uma aqüicultura responsável e ambientalmente correta (CARVALHO, 2010). Esta tecnologia tem sido apontada como uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente, do que o sistema intensivo convencional usado na engorda de peixes e camarões marinhos. Ela é baseada na formação de flocos microbianos que atuam na manutenção da qualidade de água presente no tanque ou

---

<sup>1</sup>Legislação ou medida que contraria ou restringe a importação de produtos a preços abaixo do custo ou inferiores aos que são praticados no mercado interno do país, por meio do controle e aplicação de tarifas aduaneiras suplementares

viveiro, viabilizando assim não executar a troca de água ou em alguns casos a utilização de pequenos volumes de água para renovação.

A manipulação de bactérias heterotróficas naturalmente presentes nos ambientes aquáticos, pode ser realizada através do controle da relação Carbono: Nitrogênio da matéria orgânica existente no sistema. O aumento desta relação acima de 10:1 é necessária para que haja a estimulação do crescimento bacteriano (HARGREAVES, 2006). Segundo Avnimelech (1999) o aumento desta relação estimula a imobilização da amônia em forma de biomassa bacteriana, tendo relação ideal igual à 14:1. Já Arantes (2007) defende que tal relação deve ser maior do que 10:1 e menor do que 20:1.

Alem de bactérias, os flocos são constituídos de microalgas, fezes, exoesqueletos, restos de organismos, protozoários, invertebrados, entre outros (DECAMP *et al.*, 2002; BALCÁZAR *et al.*, 2006), que podem ser fonte de aminoácidos, esteróis, proteínas e ácidos graxos poliinsaturados (THOMPSON *et al.*, 1999). Contém uma concentração significativa de macro nutrientes (cálcio, fósforo, potássio e magnésio) e micro-nutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) (MOSS *et al.*, 2006) que são essenciais para o crescimento dos animais. Uma vez formados, podem incrementar a dieta dos organismos cultivados através do consumo direto destes agregados bacterianos pelos organismos cultivados (MCINTOSH *et al.*, 2000 ; BRATVOLD & BROWDY, 2001), servindo assim de suplemento alimentar. Este fato pode permitir a utilização de dietas com menores teores de proteína bruta, a qual seria suplementada pela produtividade natural, acarretando em benefícios econômicos e ambientais (MOSS, 2002; BROWDY *et al.*, 2001; SAMOCHA, 2004).

Acredita-se que a maior quantidade de alimento natural, e variedade de grupos de organismos presentes no cultivo heterotrófico, ofertaria uma alimentação melhor balanceada do ponto de vista nutricional (RAY *et al.*, 2009). Além disso, melhores índices de compostos nitrogenados e fósforo, com estabilidade nos padrões físicos e químicos, fornecem ao animal maior conforto e adequação as exigências naturais. Esse conjunto de características poderia favorecer a expressão do potencial real de crescimento e do sistema imunológico. (RAY *et al.*, 2009)

Estas são algumas características que fazem com que o sistema heterotrófico, também chamado de sistema de bioflocos - BFT (CRAB *et al.*, 2007), desponte como promissora tecnologia aplicada à sustentabilidade em cultivo intensivo de organismos aquáticos.

Esta Tecnologia está em pleno desenvolvimento e já detém, em algumas partes do mundo, parcela importante na produção em larga escala de camarões, com presença de bons resultados, principalmente com a espécie *L. vannamei*. No Peru, China e Indonésia além de Belize e Tailândia, já estão sendo operados cultivos em grande escala, sob altas densidades (mais de 150 camarões/m<sup>2</sup>), em viveiros revestidos de manta de PAD (polietileno de alta densidade), uso de grande quantidade de aeração e renovação zero de água, podendo gerar produtividades superiores a 18t/ha/ciclo (NUNES, 2005; BOYD & CLAY, 2002; TAW *et al.* 2008; TAW, 2009)

Um dos problemas enfrentados nos cultivos heterotróficos, é que os flocos bacterianos tendem a se acumular na água, podendo gerar problemas aos animais, quando em altas concentrações (RAY *et al.* 2009). Problemas relacionados à respiração branquial, devido à colmatagem dificultando o contato das brânquias com o fluxo de água e consequentemente reduzindo as trocas gasosas, causando malefícios relacionados ao conforto ambiental da espécie escolhida.

Ray *et al.* (2010) afirmam que concentrações próximas a 460 mg/L de sólidos suspensos totais na água do viveiro promovem ótimo crescimento do *L. vannamei*. Almeida *et al.* (2011) confirmam que o SST deve ser mantido próximo a 500 mg/L. Assim, neste tipo de cultivo é necessário que parte da água passe por um sistema de remoção dos sólidos, quando estes se encontram em excesso, para em seguida retornar aos tanques aumentando o tempo de uso da água (VAN WYK, 2006).

Para executar a remoção de sólidos, existem algumas técnicas aplicáveis na aquicultura, dentre elas: renovação de água, decantação, filtração e flotação (TIMMONS & EBELIG, 2007). Cada metodologia apresenta características únicas, e consequentemente manejo, custos, volume gasto de água, estrutura física e efluentes distintos, podendo assim gerar diferentes resultados zootécnicos, financeiros e ambientais no final do ciclo.

No experimento vamos realizar o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema heterotrófico utilizando duas maneiras de retirar os sólidos da água. Tratamento IB com retirada de sólidos via decantadores acoplados ao tanque, e tratamento IR utilizando a sedimentação dos sólidos no próprio tanque e retirada destes por drenagem com reposição de água ao sistema.

## 1.1 – Sistemas de cultivo

### 1.1.1 – Cultivo heterotrófico com renovação parcial de água

O cultivo consiste na mescla de sistema heterotrófico, quimioautotrófico e autotrófico em densidades de 100-200 cam/m<sup>2</sup>. A primeira vez que foi desenvolvido em escala comercial foi em Belize (América Central) no início dos anos 90 (BOYD & CLAY, 2002). Na Ásia este método serviu de alternativa para evitar a entrada e disseminação de doenças nos tanques de cultivo, como o vírus da mancha branca.

Nesse sistema o procedimento de retirada de sólidos da água de forma mista, onde é estimulada a sedimentação prévia dos sólidos no próprio viveiro por um período definido de tempo, seguido da retirada do mesmo por drenagem do lodo, renovação parcial, ou por meio de sua sucção com bombas.

Aparentemente é um sistema simples e de fácil execução. Para sedimentar a matéria particulada, alguns aeradores são desligados fazendo com que a velocidade média da água diminua, reduzindo e transformando o fluxo de turbulento para fluxo laminar. A água apresentando baixa velocidade (provavelmente menor que 0,3 m/s) propicia a decantação das partículas suspensas (MASSALÓ, 2008), sendo assim, estas são depositadas no local mais fundo ou que apresenta menor velocidade média da mesma. Após sedimentação por um período de tempo calculado, que varia de acordo ao volume de sólidos a ser retirado e velocidade de sedimentação das partículas presentes no tanque, um funcionário previamente treinado executa a retirada do mesmo.

Em tanques adaptados para esse sistema, ou não projetados corretamente, o usual é a utilização de bombas para sucção do material sedimentado, realizando-se o mesmo procedimento.

Em viveiros que são projetados e construídos para a implantação deste sistema, com definição prévia do local onde os sólidos serão aglomerados para retirada, sistema de comportas ou monge com adaptações para obter melhor eficiência, a técnica de retirada do lodo por renovação parcial da água é o recomendado. Após o tempo de sedimentação desejado, o lodo se depositará próximo a comporta de saída, e com a abertura parcial da mesma, o material será succionado de forma eficiente e sem gasto energético, para fora do viveiro.

### 1.1.2 – Cultivo heterotrófico com decantadores.

Esta metodologia de retirada de sólidos é mais utilizada e conhecida para tratamento de efluentes de cidades e indústrias, apresentando boas características para ser implantada como sistema para a retirada de sólidos de tanques de cultivo com flocos bacterianos. Consiste na retirada dos sólidos sedimentáveis da água, por meio da decantação em um tanque acoplado em paralelo ao tanque de cultivo.

No caso da aquicultura, a água do tanque de cultivo é enviada via air-lift, por bombeamento ou gravidade para um decantador. Neste, o fluxo da água passa de turbulento a laminar de maneira natural, devido ao formato, tamanho do tanque de decantação, e forma como foi projetado. A decantação ocorre de maneira eficiente, podendo chegar a valores superiores a 85-90 % de eficiência da retirada de sólidos da água, dependendo do fluxo e do tipo de decantador (HENDERSON & BROMAGE, 1988).

Uma característica que diferencia a remoção de sólidos por decantadores daquela por renovação parcial é a frequência com que os sólidos são removidos, pois o uso de decantadores permite uma remoção contínua com a manutenção constante da concentração de sólidos nos tanques de cultivo, ao contrário da remoção intermitente realizada no controle por renovação.

A retirada do lodo decantado é realizada de maneira simples, onde o fluxo de água que passa por este é retido, a água presente dentro do mesmo é destinada de volta ao tanque principal, de maneira sensível para que os sólidos decantados não sejam revolvidos. Após a retirada da parte líquida em quase sua totalidade, o lodo, adensado e compacto, pode ser retirado e destinado para o seu tratamento.

Metodologia pode gerar uma economia grande de água, já que o que é retirado do decantador é praticamente lodo adensado.

## 2 – Objetivos

### 2.1 – Objetivo geral

- Avaliar o desempenho do cultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*), utilizando duas metodologias de remoção de sólidos em sistema de flocos bacterianos.

## 2.2 – Objetivos específicos

- Avaliar qual metodologia de retirada de sólidos gera melhores resultados zootécnicos.
- Identificar qual metodologia apresenta melhores características em relação aos parâmetros de qualidade de água no tanque de cultivo.
- Quantificar o volume de efluente gerado pelos dois sistemas.
- Avaliar a capacidade dos dois sistemas em manter as concentrações de sólidos sedimentáveis e SST dentro de valores desejáveis para o cultivo intensivo de camarões.
- Gerar resultados fundamentados para direcionar futuros experimentos na área.

## 3 – Justificativa

O cultivo de *L. vannamei* em sistema intensivo utilizando bioflocos apresenta como característica principal a produção em altas densidades de camarão por metro quadrado, utilizando pouca água e gerando pouco efluente. Além disso essa tecnologia visa o melhor aproveitamento dos nutrientes originados da ração fornecida aos organismos cultivados, melhorando conversão alimentar e rentabilidade do cultivo.

Isso pode levar a uma grande produtividade em relação à área, e a redução do volume de água gasto por quilograma de camarão produzido. O efluente gerado por este sistema pode ser tratado de forma mais eficiente devido a seu pequeno volume e alta concentração de nutrientes, diferente do existente em cultivos tradicionais.

Deve-se ter em mente que cada metodologia de retirada de sólidos apresenta características únicas, e conseqüentemente, manejo, custos, estrutura física e efluentes distintos. Particularidades que devem ser descritas e mensuradas, possibilitando adequar diferentes abordagens em experimentos futuros, a fim de extrairmos o máximo de informações para que as técnicas se tornem viáveis e sejam aplicadas em escala produtiva.

## 4 – Materiais e métodos

### 4.1 – Localização

O experimento foi realizado no Laboratório de Camarões Marinhos – LCM, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, no período de 14 de Janeiro a 15 de Março de 2011.

### 4.2 – Unidades experimentais

Foram utilizados seis tanques circulares de 50 metros quadrados de área de fundo, 8 metros de diâmetro, com volume de trabalho de 48 mil litros de água (Figura 1). Os tanques foram divididos em dois tratamentos, IR – Bioflocos com renovação parcial, IB – Bioflocos com decantador, com três unidades cada. Um sétimo tanque de mesmas dimensões foi mantido para preparo da água de reposição com salinidade idêntica a encontrada nos tanques do tratamento IR.



**Figura 1. Local do experimento e disposição dos tanques de cultivo**

Cada unidade do tratamento IB tinha um decantador acoplado (Figura 2), este é caracterizado por um tanque cilindro cônico, com 1,19 metros de diâmetro, volume total aproximado de 700 Litros e inclinação do cone em relação à horizontal de 19 graus (ARANTES *et al.*, 2009).



**Figura 2. Decantador**

A aeração foi feita através da injeção de ar por um soprador radial regenerativo de 7,5 cv, 24 horas por dia, utilizando-se de dois anéis feitos de cano de PVC perfurados, em cada tanque. Um anel circular próximo ao centro, e um anel circular próximo a parede externa, com 15 air-lifts (Figura 3) para movimentação da água.



**Figura 3. Disposição dos air-lifts e aeração central nos tanques de cultivo**

Os tanques foram cheios com água a 19 ‰, preparada a partir da mistura de água do mar a 35 ‰ e água a 0 ‰ bombeada de uma lagoa normalmente utilizada para a aclimação de pós-larvas no laboratório. Não foi realizada fertilização prévia dos tanques.

As unidades experimentais foram povoadas com pós-larvas (PL) da linhagem SpeedLine - SPF provenientes da Aquatec LTDA, com peso médio de 0,67 gramas, e densidade inicial de 164 PL/m<sup>2</sup>.

#### 4.3 – Aclimação das pós larvas a baixa salinidade

A aclimação foi realizada durante o período de 3 dias, diretamente no tanque berçário, onde as Pós-larvas se encontravam. A salinidade foi baixada de 30 ‰ até 20 ‰ de forma gradual, utilizando-se de renovação parcial e adição de água a 0 ‰ proveniente da mesma lagoa já citada anteriormente.

#### 4.4 – Alimentação

Foram fornecidas 3 alimentações diárias, utilizando-se ração comercial com 40 % de proteína bruta para os animais de 0,67 a 2,5 gramas, e ração com 35 % de proteína bruta para animais acima deste peso. A transição das rações foi realizada durante 3 dias, onde no primeiro dia utilizou-se 75 % ração com 40 % proteína bruta, no segundo, 50 %, e no terceiro dia, 25%, finalizando no quarto dia com 100 % de ração 35 % proteína bruta.



A quantidade de alimento fornecido foi calculada com base na tabela de alimentação para cultivo superintensivo proposta por Van Wyk (1999) e na tabela de Matt Briggs (FENACAM, 2010). Para tanto, os valores da biomassa dos animais presentes em cada tanque foram ajustadas a cada 4 dias, utilizando-se de valores de peso médio dos animais determinados por biometrias realizadas duas vezes por semana. A biomassa era então determinada utilizando-se uma taxa de mortalidade diária de 0,14%.

Para melhor controle do consumo foram utilizados 3 comedouros por tanque, dispostos nas laterais, dividindo entre eles aproximadamente 10 % do peso total de ração que foi fornecida ao tanque. A checagem das sobras foi realizada 1,5 horas após o fornecimento do alimento, e classificada empiricamente em: nenhuma, pouco, médio e muito.

Para a denominação “nenhuma”, o próximo fornecimento será aumentado em 10%, para a denominação “pouco” o peso da próxima alimentação será mantido, para a denominação “médio” o peso da próxima alimentação será diminuído 10% e para a denominação “muito” o peso excluído será de 30%.

#### 4.5 – Fertilização e manutenção da relação Carbono/Nitrogênio

A adição de carbono orgânico nos tanques foi diária, dividida em 3 porções, e teve a sua relação Carbono:Nitrogênio do material que entrava nos tanques ajustada de acordo com a necessidade, mantendo-se maior que 10:1 e menor que 14:1. A relação foi mantida dentro do padrão dito como ótimo para o desenvolvimento dos flocos bacterianos, como descrito por Avnimelech (1999) e Arantes (2007).

Utilizamos duas fontes de carbono orgânico, melaço de cana com 36,6 % de C e 0,48 % de N, e Farelo branco de arroz, que segundo análise centesimal realizada por um experimento anterior, apresenta 40,59 % de C e 2,02 % de N em sua composição.

A mistura de melaço e farelo foi previamente preparada, em bateladas de 25 kg, com suas devidas proporções respeitadas, para facilitar o manejo diário. Antes de adicionada nas unidades experimentais, a mistura foi separada em potes plásticos, pesada individualmente por meio de uma balança de 2 casas decimais. Ao fertilizar o tanque, a mescla foi dissolvida com água do próprio tanque, e lançado ao mesmo de maneira homogênea.

A proporção de melaço: farelo variou durante o cultivo. Iniciamos utilizando 100% melaço, depois 30% de farelo de arroz e 70 % de melaço de cana, e assim invertendo esta relação de acordo com a estabilização e aparecimento de bactérias nitrificantes no sistema, até a proporção 70 % farelo de arroz e 30 % melaço de cana.

A adição de carbono inorgânico foi realizada através de cal hidratada, e somente ministrada para manter os valores de alcalinidade total pré estabelecidos, que são: valor mínimo de 120 mg/L, com variação ótima até 150 mg/L.

#### 4.6 – Procedimento de retirada de sólidos

Idealizamos a permanência de aproximadamente 450 mg/L de sólidos suspensos totais na água do cultivo (RAY *et al.*, 2010; VINATEA *et al.*, 2010). Porém para facilitar o procedimento de medida de sólidos, e adequar uma técnica fácil e rápida para o futuro produtor, verificou-se o volume de sólidos sedimentáveis, pelo Cone de Imhoff, onde estabelecemos que valores em torno de 14 mL/L de sólidos sedimentáveis. Quando em volume maior do que o estabelecido, foram executados os devidos procedimentos de retirada de acordo com o manejo de cada um dos tratamentos.

##### 4.6.1 – Sistema com renovação parcial de água

Depois de constatado valores de excesso de sólidos no sistema, calculamos o quanto seria necessário retirar, por simples balanço de massa utilizando-se da equação abaixo.

$$\text{Volume retirado (L)} = ([\text{ }] \text{ presente} * \text{Vol.}) - ([\text{ }] \text{ desejada} * \text{Vol.}) \div [\text{ }] \text{ efluente}$$

Onde:

[ ] presente = Concentração de sólidos presente (mL/L ou mg/L)

Vol. = Volume do tanque (L)

[ ] desejada = Concentração de sólidos desejada (mL/L ou mg/L)

[ ] efluente = Concentração de sólidos no efluente (mL/L ou mg/L)

Com o valor de sólidos totais a ser retirado, podemos calcular o tempo aproximado de retirada de efluente (minutos), que é relacionado à vazão da água (L/segundo) durante a drenagem dos tanques e os sólidos sedimentáveis (mL/Litro)

deste efluente no ponto de saída. Com esses dados prevemos o volume total da renovação, o volume de sólidos retirados e o volume de sólidos que permanecerão no tanque após este ser completado com água limpa.

Foi estabelecido que o volume de sólidos sedimentáveis remanescentes na unidade experimental seria próxima a 10 mL/L, assim criou-se um padrão repetido nas 3 unidades do tratamento.

Em cada evento de renovação, após o cálculo inicial, a aeração central era desligada por 20 minutos, com finalidade de sedimentar os flocos nesta região, onde a saída de água está localizada. O fluxo de água com sentido horário, gerado pelos air-lifts, favorece tal manobra. Com o período de sedimentação terminado, abrimos a saída de água, de forma com que o efluente saísse lentamente. No ponto de saída do efluente, coletamos amostras no tempo 0 e cada 5 minutos, medimos o volume de sólidos sedimentáveis com o Cone de Imhoff e a vazão total. Estes dados serviram como base para recalcular todos os tempos e volumes descritos no primeiro parágrafo, e assim ter maior eficiência no processo.

#### 5.6.2 – Sistema com decantador

Neste tratamento a vazão de água no decantador foi determinada para que o parâmetro fosse mantido estável. A vazão é diretamente relacionada com a eficiência dos decantadores, as quais já foram medidas em experimentos anteriores.

Após período máximo de decantação permitido, devido ao acúmulo excessivo de lodo no corpo do decantador, houve a retirada do mesmo. Para tal, a água superficial foi devolvida ao tanque, de maneira sensível para não re-suspender os sólidos depositados. Sem água, o lodo foi retirado com a ajuda de uma bomba de pequeno porte, e quantificado em relação a seu volume e teor de sólidos. Executada a limpeza, o decantador foi cheio com água limpa a 35 ‰, e novamente ligado para continuidade do processo.

#### 4.7 – Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de água foram analisados de acordo a tabela 1 e o cronograma de cultivo (tabela 2).



## 4.8 – Cronograma de atividades

**Tabela 3. Cronograma de atividades semanal de produção**

	Seg		Ter		Qua		Qui		Sex		Sab		Dom	
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Alimentação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fertilização C orgânico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fertilização C inorgânico		X				X			X					
Biometria			X						X					

**Tabela 4. Cronograma diário de produção**

Hora	Tarefa
08:00	Parâmetros físicos de água
08:30	Alimentação
09:00	Parâmetros químicos de água
09:30	
10:00	Checagem bandejas
10:30	Melaço + farelo
11:00	
11:30	
12:00	Alimentação
12:30	
13:00	
13:30	Checagem bandejas
14:00	Melaço + farelo
14:30	
15:00	
15:30	
16:00	Alimentação
16:30	
17:00	Parâmetros físicos de água
17:30	Melaço + farelo
18:00	

#### 4.9 – Biometria

As biometrias foram realizadas em todas as unidades experimentais, duas vezes na semana (tabela 3). Os camarões foram capturados aleatoriamente, no maior numero de pontos do tanque de cultivo. A captura foi feita por meio de puçás, e após a coleta dos indivíduos, realizou-se rápida drenagem do excesso de água, a fim de diminuir o erro na pesagem do lote. Seguido a pesagem, os animais foram contados e devolvidos a unidade experimental. O numero de indivíduos pesados em cada amostra foi sempre superior a 80, e feitos em triplicata, resultando no total de no mínimo 240 animais por tanque.

Com o peso e o número de animais da amostra podemos calcular o seu peso médio. Realizadas a pesagem de três amostras foi calculado o peso médio entre elas, sendo que este ultimo foi considerado o peso médio dos camarões da unidade experimental analisada.

#### 4.10 – Despesca

Ao final do experimento após um dos tratamentos atingir peso médio comercial de 12 gramas a despesca foi realizada durante 3 dias, cada dia foram despescados um tanque de cada tratamento.

O tanque escolhido foi esvaziado até permanecer com 15 cm de água, assim iniciando-se a captura dos camarões com redes de pequeno porte e puçás. Um lote com numero satisfatório de animais foi destinado à biometria, e devolvido ao tanque. Os camarões capturados foram imediatamente mortos pelo método de choque térmico, com auxilio de uma caixa de 300 litros de água a 0 ‰ e gelo.

Depois de confirmada a morte do lote, foram pesados com uma balança de 2 casas decimais de precisão e imediatamente estocados em recipientes apropriados com gelo, e destinados a venda. A biomassa final dividida pelo peso médio individual nos fornece o numero total de camarões no final do ciclo, assim como a porcentagem de sobrevivência. O fator de conversão alimentar e ganho de peso semanal também foram calculados.

#### 4.11 – Análise estatística

Foi aplicado Teste T de Student ( $p < 0,05$ ) nos índices zootécnicos e volume efluentes, ANOVA bi fatorial (fator tempo) nos índices de qualidade de água, a fim de detectar diferenças significativas entre os tratamentos. Quando estas diferenças

foram detectadas, foi aplicado o teste de Tukey para separação de médias ( $p < 0,05$ ). Através do uso do software Statistica 8.

## 5 – Resultados

### 5.1 – Qualidade de água

Todos os parâmetros físicos e químicos se mantiveram dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo do *L. vannamei* e não apresentaram diferenças significativas estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos para os tratamentos com renovação (IR) e com decantador (IB), durante o período de cultivo.**

	IR	IB
Temperatura (°C)	28,6 ± 1,01 <sup>a</sup>	28,1 ± 0,89 <sup>a</sup>
Salinidade (‰)	16,28 ± 0,24 <sup>a</sup>	16,36 ± 0,39 <sup>a</sup>
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,39 ± 0,50 <sup>a</sup>	5,20 ± 0,60 <sup>a</sup>
pH	7,79 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,73 ± 0,02 <sup>a</sup>
Relação C:N	12,10 ± 0,12 <sup>a</sup>	11,97 ± 0,05 <sup>a</sup>

Letras sobrescritas distintas indicam diferenças significativas Teste T ( $p < 0,05$ ).

Os valores de sólidos suspensos totais, nitrito e fosfato apresentaram-se diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos apenas em dias específicos do experimento (Tabela 6), porém não foram relevantes para o resultado final. Os valores de sólidos suspensos voláteis e nitrato não apresentaram diferenças significativas estatisticamente entre os tratamentos, mas apresentaram variação de acordo com os dias de cultivo (tabela 6).

**Tabela 6. Parâmetros de qualidade de água dos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB), durante o período de cultivo. Valores de Dif. Significativa correspondem a comparações por ANOVA bi-fatorial avaliando (Tr), dias (D) e a interação tratamento x dia (Tr x D).**

	IR	IB	Dif. Significativa		
			(Tr)	(D)	(Tr x D)
Sólidos suspensos totais	344,93 ± 25,27	315,55 ± 16,13	*	*	NS
Sólidos suspensos voláteis (%)	54,68 ± 0,50	53,85 ± 0,84	NS	*	NS
Cone de Imhoff (mL/L)	8,83 ± 0,72	6,40 ± 1,33	*	*	*
Alcalinidade (mg/L)	165,27 ± 6,92	170,71 ± 5,63	*	*	*
Amônia (mg/L)	0,54 ± 0,22	0,39 ± 0,04	NS	NS	NS
Nitrito (mg/L)	0,31 ± 0,12	0,47 ± 0,05	*	*	NS
Nitrato (mg/L)	15,32 ± 2,10	12,86 ± 3,56	NS	*	NS
Fosfato (mg/L)	2,35 ± 0,19	2,82 ± 0,09	*	*	NS

\* Tukey ( $p < 0,05$ )

Os valores de nitrogênio amoniacal total não foram diferentes entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), porém apresentaram padrões de variação distintos com uma maior variabilidade no tratamento IR próximo ao dia 40 de cultivo (Figura 4).

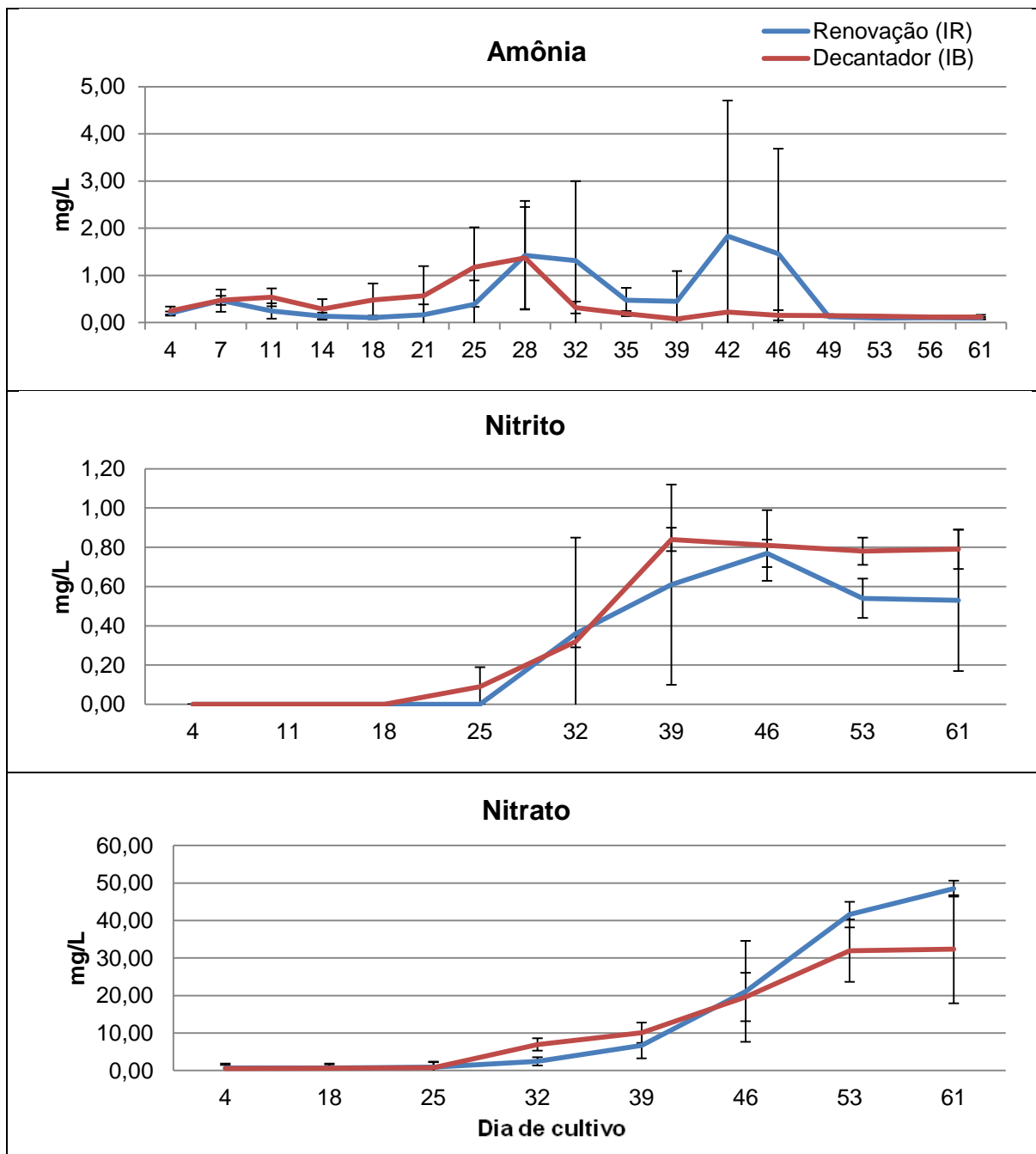
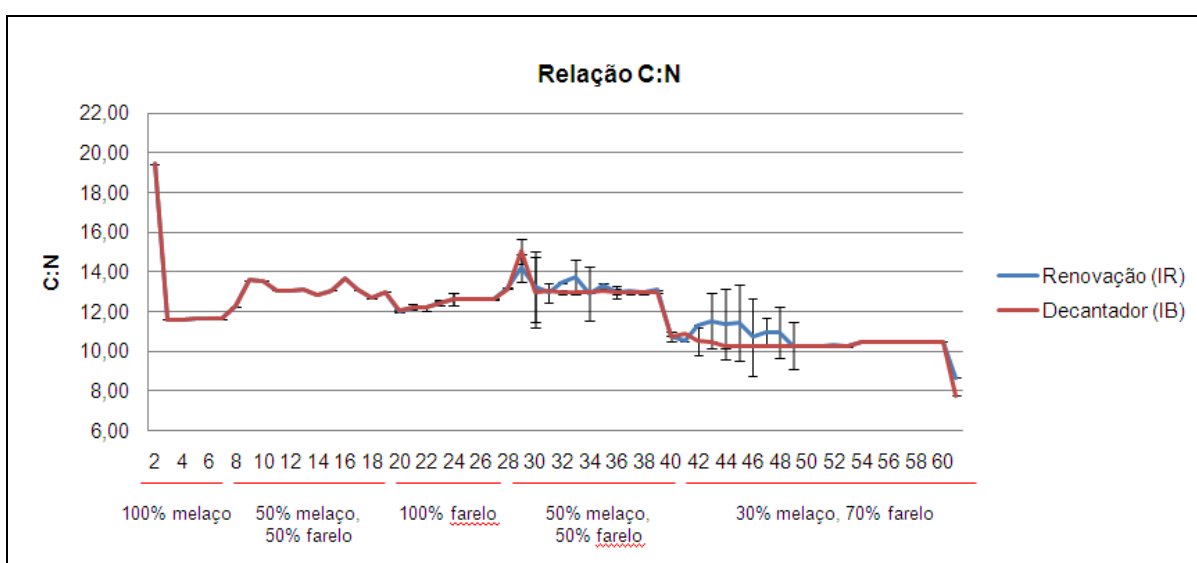


Figura 4. Variação das concentrações de amônia, nitrito e nitrato durante o período de cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).



## 5.2 – Manejo de sólidos

A relação C:N foi mantida com valores médios de 12:1 sem diferenças significativas estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 5). Houve variação desta relação ao longo do cultivo, associadas ao tipo e quantidade de fertilizante utilizado (Figura 5). Maiores variações na relação C:N foram observadas no tratamento IR durante o período associado com o aumento nas concentrações de nitrogênio amoniacal, entre os dia 40 e 48, uma vez que adições suplementares de melaço de cana foram necessárias a fim de manter a concentração de amônia abaixo de 1 mg/L.



**Figura 5. Relação Carbono:Nitrogênio e composição da mistura de fertilizantes fonte de carbono orgânico durante o período de cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).**

Ambos os tratamentos apresentaram aumento homogêneo de sólidos suspensos totais até o dia 28, chegando a 450 mg/L (Figura 6). Após este período, as concentrações de sólidos foram controladas de acordo ao estipulado para cada tratamento, mantendo-se no intervalo de 400 mg/L a 500 mg/L até o final do experimento. Os sólidos sedimentáveis apresentaram o mesmo padrão de incremento até o dia 28, atingindo valores próximos a 13 mL/L. Do dia 28 ao 42 manteve-se o volume próximo a 10 mL/L, porém este apresenta resultados discrepantes após o dia 49 (Figura 6).

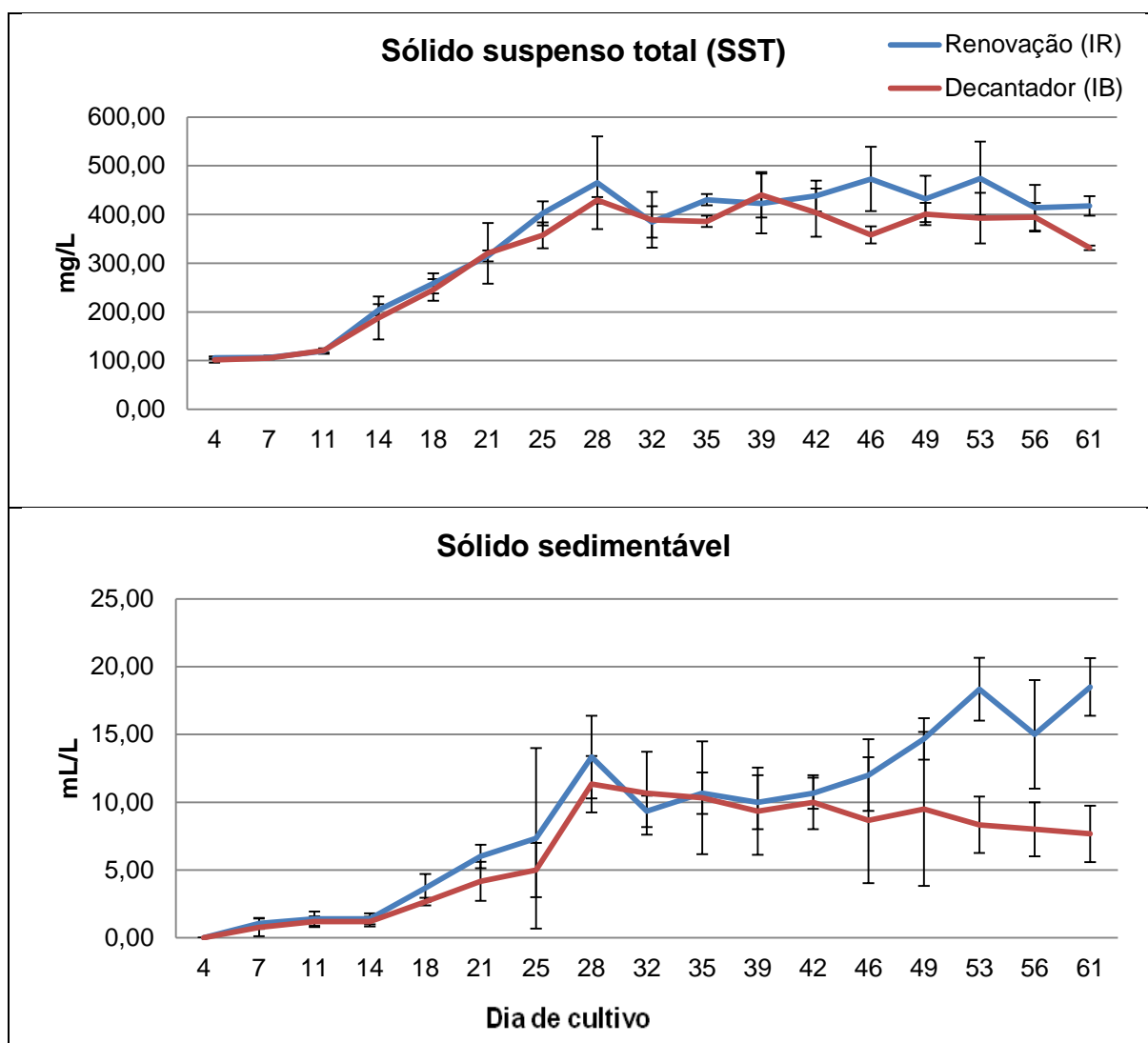


Figura 6. Variação da concentração de sólidos suspensos totais (SST) e do volume de sólidos sedimentáveis durante o cultivo, nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).

O volume de efluente gerado para produzir um quilograma de camarão, efluente gerado por tanque e gerado por quilograma de ração fornecida foi diferente estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Volume de efluente gerado por tanque, por kg de camarão produzido e por kg de ração fornecida durante o cultivo, nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).

	IR	IB
L/tanque	7643,33 ± 3691,70 <sup>a</sup>	680 ± 0,00 <sup>b</sup>
L/kg camarão	162,58 ± 75,93 <sup>a</sup>	8,85 ± 0,41 <sup>b</sup>
L/kg ração	97,12 ± 44,36 <sup>a</sup>	7,25 ± 0,53 <sup>b</sup>

Letras sobrescritas distintas indicam diferenças significativas Teste T ( $p < 0,05$ ).

### 5.3 – Desempenho zootécnico

Os camarões cultivados sob o tratamento IB apresentaram melhor desempenho zootécnico do que os camarões sob o tratamento IR (Tabela 8).

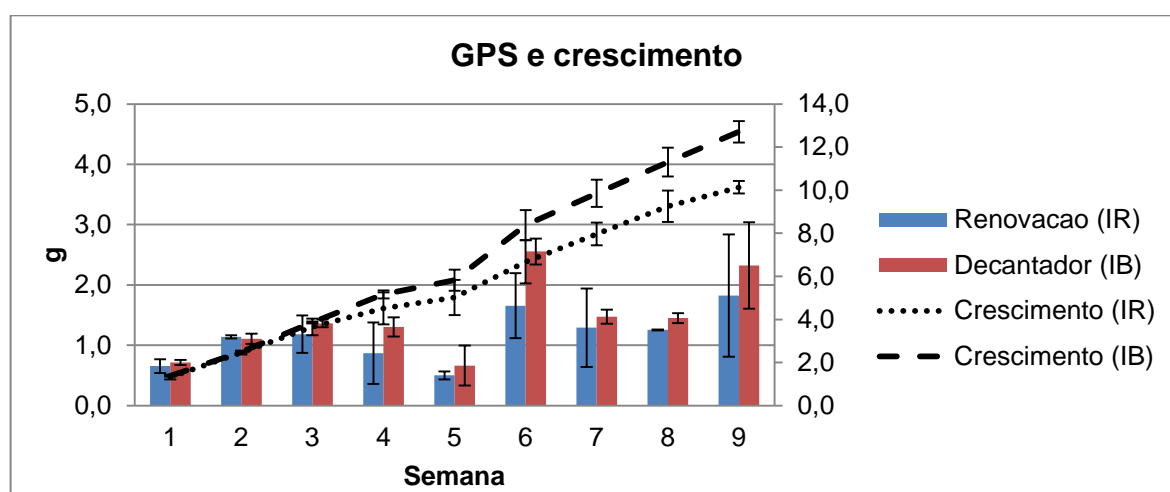
A taxa de sobrevivência do tratamento IB, não se apresentou diferente do tratamento IR ( $p=0,06$ ), devido a alta variância do tratamento IR (Tabela 8).

**Tabela 8. Índices de desempenho zootécnico atingidos durante o cultivo nos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).**

	IR	IB
Dias de cultivo	61	61
Densidade inicial (cam/m <sup>2</sup> )	164	164
Peso inicial (g)	0,67	0,67
Peso final (g)	10,16 ± 0,24 <sup>a</sup>	12,71 ± 0,49 <sup>b</sup>
Sobrevivência (%)	57,85% ± 11,09 <sup>a</sup>	73,82% ± 1,45 <sup>a</sup>
Conversão alimentar	1,88 ± 0,31 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,03 <sup>b</sup>
Ganho de peso semanal (g)	1,15 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,44 ± 0,07 <sup>b</sup>
Biomassa final (kg/m <sup>3</sup> )	1,00 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,07 <sup>b</sup>

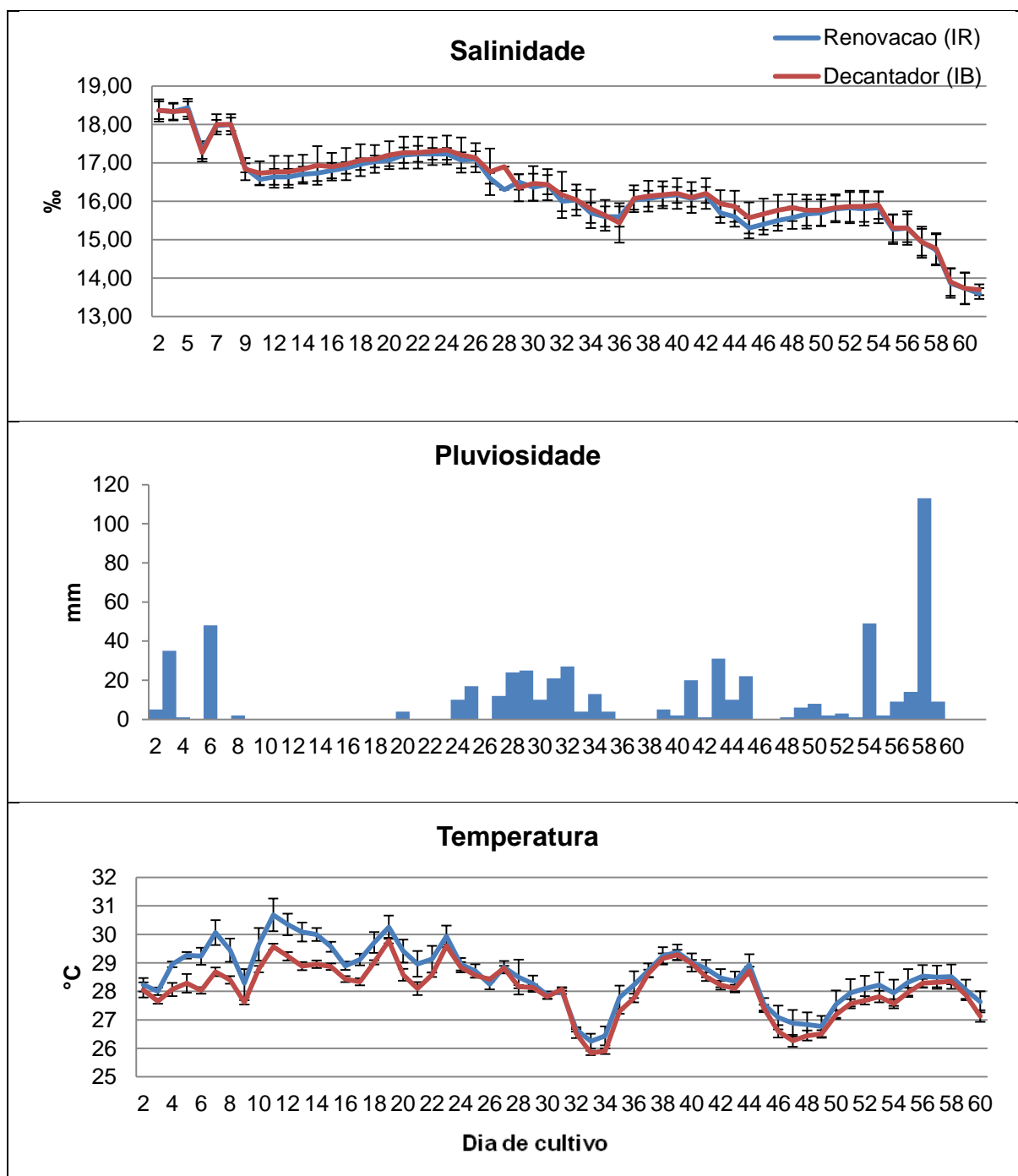
Letras sobrescritas distintas indicam diferenças significativas Teste T ( $p<0,05$ ).

As taxas de crescimento semanal apresentaram-se acima de 1,0 grama por semana em ambos os tratamentos (Tabela 8). Estes valores considerados baixos foram observados na semana 5, com media de 0,5 g/semana. (Figura 7). No mesmo período entre os dias 28 e 34 houve um aumento na pluviosidade (Figura 8), seguida de baixa acentuada na salinidade e queda brusca na temperatura da água dos tanques, além da elevação na concentração de amônia.



**Figura 7. Ganho de peso semanal (GPS) e curva de crescimento dos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).**

Após o período de baixo crescimento, houve rápida recuperação com taxas elevadas de crescimento na semana 6, aproximadamente 2,5 g/semana no tratamento IB e 1,5 g/semana no IR (Figura 7). No período entre as semanas 4 e 5, com o início do manejo específico de cada tratamento, o desempenho dos animais começou a se diferenciar, onde o tratamento IB apresentou melhor desempenho, com peso final cerca de 2,6 gramas maior do que os animais do tratamento IR.



**Figura 8.** Salinidade, índice pluviométrico local e temperatura da água dos tanques no período de cultivo em ambos tratamentos: com renovação (IR) e com decantador (IB).

## 6 – Discussão

### 6.1 – Qualidade de água

As concentrações dos compostos nitrogenados não atingiram níveis críticos para o cultivo do *L. vannamei*. A relação C:N acima de 12:1 como descrito por Avnimelech (1999) foi suficiente para manter a concentração de nitrogênio amoniacal em níveis abaixo de 1 mg/L. As proporções foram manejadas inicialmente em valores próximos a 13:1, baixando a 10,27:1 no fim do cultivo.

Elevações nas concentrações de nitrogênio amoniacal ocorreram entre os dias 25 e 32 em ambos os tratamentos e nos dias 40 e 47 no tratamento IR. Este fato foi possivelmente desencadeado pelo manejo dos fertilizantes utilizados como fonte de carbono orgânico, que durante esta semana anterior, entre os dias 20 e 28 foi modificada devido à falta de melaço. Estes resultados indicam que neste caso o uso exclusivo do farelo de arroz como fonte de carbono orgânico não foi eficiente no controle do nitrogênio amoniacal total para as concentrações desejadas, diferente do descrito por Vilani *et al.* (2011). Na figura 4 é possível observar concentrações baixas de nitrito e nitrato no dia 25, indicando o início do processo de nitrificação. As concentrações destes nutrientes aumentaram com o passar dos dias o que pode caracterizar a atividade concomitante das bactérias nitrificantes e da atividade heterotrófica como descrito por Avnimelech (2006). No período entre os dias 40 e 47 a maior variabilidade nas concentrações de amônia presentes em IR estão relacionados com a redução repentina da relação C:N no dia 40 de cultivo para valores próximos a 10:1, demonstrando que até aquele momento a comunidade bacteriana heterotrófica estava atuando como principal controlador do nitrogênio inorgânico. O controle da amônia foi realizado elevando a relação C:N novamente durante tal período através do uso adicional de melaço utilizando uma relação de 20 g de carboidratos por grama de nitrogênio amoniacal (AVNIMELECH, 1999) (Figura 5).

O nitrito é o componente intermediário do processo de nitrificação (HARGREAVES, 1998). Durante o experimento sua concentração se manteve abaixo de 1 mg/L distante do nível crítico para a espécie de 27,4 mg/L, estipulado por Lin & Chen (2003). Por outro lado, o nitrato atingiu concentração final máxima de 50 mg/L em salinidade próxima a 13 ‰. Este não foi suficiente para denegrir o desempenho do camarão. Como descrito por Khun *et al.* (2011) somente

concentrações acima de 220 mg/L, em 11 ‰ de salinidade, são prejudiciais a espécie, tendo impacto negativo na sobrevivência e crescimento.

## 6.2 – Manejo de sólidos

As duas metodologias foram efetivas no controle de sólidos, mantendo o valor de sólidos suspensos totais dentro do estipulado. Os tanques onde retirada destes foi realizada via renovação parcial, apresentaram concentração de sólidos suspenso total e sólidos sedimentáveis menos constantes do que os tanques com controle de sólidos por decantadores. Este fato pode estar ligado ao funcionamento contínuo dos decantadores, enquanto o manejo por renovação deve ser executado somente quando o volume de sólidos ultrapassa um limite imposto.

O controle dos sólidos foi possível de ser realizado somente pelo cone de Imhoff, porém este método pode não ter acurácia e constância em seus resultados da mesma forma que a checagem dos sólidos suspensos totais pelo método gravimétrico descrito em APHA (2005). Após o dia 49 verificou-se mudança do comportamento das partículas sedimentáveis dos tratamentos, onde IR apresentou aumento no volume dos sólidos sedimentáveis sem mudança no perfil dos sólidos suspensos totais, enquanto ambos os parâmetros se mantiveram estáveis no tratamento IB. A ocorrência pode ser resultante da seleção contínua de partículas maiores pelo decantador, resultando na diminuição observada dos valores de Sólidos sedimentáveis no tratamento IB. A remoção de partículas por gravidade, como no caso do uso de sedimentadores, tem por característica a retirada da fração sedimentável, ou seja acima de 100 µm de tamanho desta forma existe a tendência de acúmulo de material particulado fino no interior dos tanques (TIMMONS & EBELING, 2007).

Durante os 61 dias de experimento foi possível manter concentrações estáveis de sólidos suspensos totais na água do tratamento IR, mas em situações de cultivo mais longo com finalidade de obter camarões com tamanho maior, este manejo seria muito mais trabalhoso uma vez que a frequência de operações necessárias para manter a concentração de sólidos constante seria maior. O manejo por renovação também se mostrou mais complexo, demandando muito tempo aumentando a demanda de pessoal necessária para sua execução, a fim de atingir a meta de retirada. Os níveis de sobrevivência, apesar de não diferirem estatisticamente, também apresentaram tendência de diminuição ao longo do tempo.

A utilização de decantadores favorece a retirada de rejeitos com perda mínima de água. Esta característica favorece a utilização de um menor volume de água por ciclo de cultivo. No tratamento IB foi medido o descarte de 680 L/tanque, 8,85 L/kg camarão ou 7,25 L/kg ração utilizada, diferente do tratamento IR que gerou média de 7643,33 L/tanque, 162,58 L/kg camarão ou 97,12 L/kg ração. Este efluente excessivo pode ser um agravante para não utilização do sistema de controle de sólidos empregado em IR. O menor volume de efluente do tratamento IB favorece o menor custo e emprego de menor área física para tratamento de efluentes, aumentando assim a disponibilidade de recursos e área para produção.

### 6.3 – Desempenho zootécnico

Independentemente das diferenças encontradas para o desempenho zootécnico entre os dois tratamentos foi possível observar um bom rendimento dos animais na situação de cultivo, com taxas elevadas de crescimento tempo curto de cultivo e boa conversão alimentar, quando comparada com outros experimentos (SCOPEL, 2010; ARANTES *et al.*, 2010; ARANTES *et al.*, 2011). O tratamento IB apresentou melhor desempenho zootécnico (Tabela 8).

Estes bons resultados podem ter relação com a salinidade utilizada no experimento, que iniciou em 19 ‰, chegando a 13 ‰ no fim do cultivo. O *Litopenaeus vannamei* tem habilidade para suportar amplas faixas de salinidade (0,5 e 40 ‰) (McGRAW *et al.*, 2002), com ponto isosmótico em torno de 20 ‰, salinidade na qual observa-se um melhor crescimento e sobrevivência dos camarões juvenis (McGRAW & SCARPA, 2004).

Segundo Cavalcanti *et al.* (2005) a melhor salinidade para uma espécie é aquela que se aproxima de seu ponto isosmótico, pois nessa condição não há gasto energético durante o processo de osmoregulação, ficando a energia disponível para o crescimento, resposta imunológica e outras funções fisiológicas.

Foi realizada a aclimação das pós larvas estocadas em um berçário a 35 ‰ para ser transferidas ao experimento com 19 ‰, na busca de minimizar os efeitos da adaptação dos organismos à nova condição de salinidade e, não afetou o desempenho dos indivíduos, vide item 4.3, materiais e métodos. McGraw *et al.* (2002) salientam que caso o procedimento não fosse paulatino poderia gerar diminuição na sobrevivência durante a transferência, sendo por questões genéticas, taxas de redução de salinidade, idade das pós-larvas e composição iônica da água.

A introdução de carbono orgânico durante todo o cultivo pode ter elevado o valor nutricional dos flocos bacterianos, estimulando a assimilação de N predominantemente de maneira heterotrófica e produzimos biomassa bacteriana de alto valor protéico (CRAB *et al.*, 2009).

Como descrito por Avnimelech (2007), os flocos bacterianos podem ter contribuído com até 50 % do requerimento de proteína em Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Burford *et al.* (2004) encontraram taxas entre 18 a 28 % de nitrogênio proveniente da biota natural, retido no tecido muscular do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Panjaitan (2004) forneceu 30 % menos alimentação do que o convencional e não verificou redução no crescimento do camarão *Penaeus monodon*, provavelmente porque o sistema forneceu alimento suplementar. Ray *et al.* (2009) acreditam que este conglomerado de organismos presentes no cultivo heterotrófico ofertam uma alimentação melhor balanceada no ponto de vista nutricional, sendo que poderiam favorecer a expressão do potencial real e do sistema imunológico.

Apesar dos teores de proteína do material em suspensão não ter sido determinado neste experimento, o uso de relações C:N altas pode ter melhorado o valor nutricional dos flocos bacterianos fornecendo maior proporção de proteína bruta e outros elementos fundamentais. Devem ser realizadas pesquisas comparando o cultivo em bioflocos utilizando a assimilação de N por meio heterotrófico, ao mesmo cultivo com transformação de N realizada predominantemente por bactérias nitrificantes, na busca de melhor caracterizar a relação destes manejos com o desempenho zootécnico dos animais.

Acredita-se que os índices zootécnicos poderiam ter sido melhores, uma vez que as condições climáticas presentes no período do experimento não foram ideais. Como mostra a figura 8 o período foi atingido por um intenso regime de chuvas modificando drasticamente em certos períodos a temperatura e salinidade da água dos tanques. Provavelmente ligado a esses fatos, uma mortalidade de até 5% da biomassa por tanque foi contabilizada na última semana de cultivo. A ocorrência levou ao termino imediato do experimento, o qual seria estendido até a obtenção de animais com peso médio de 15 g. A mortalidade descrita afetou outros índices zootécnicos como a conversão alimentar e a biomassa final, onde a primeira apresentava índices próximos a 1 e após o incidente passaram a 1,32 em IB e 1,88 em IR (Tabela 8).



A biomassa final do tratamento IB foi  $0,6 \text{ kg/m}^2$  maior do que em IR (Tabela 8). Este índice quando convertido a hectares resulta em valores próximos a 16 t/ha no tratamento IB e 10 t/ha no tratamento IR. A biomassa de IB é próxima aos resultados de 18 t/ha/ciclo em tanques revestidos e sem troca de água, relatado por Nunes (2005). Em cultivos em escala comercial no Peru, China, Indonésia, Belize e Tailândia, resultados semelhantes, e melhores, foram obtidos de acordo com Boyd & Clay (2002), Taw *et al.* (2008), Taw (2009). Tacon *et al.* (2004) citam produções entre 40 e 340 t/ha/ano, em viveiros revestidos, menores que um hectare. Cultivos heterotróficos realizados em sistemas com adição de oxigênio têm gerado produtividades equivalentes a 60 t/ha/ciclo, utilizando densidades de até 400 camarões/ $\text{m}^2$  (LEFFLER, 2008)

A maior produtividade no sistema com decantadores pode ser relacionada à maior estabilidade nos valores de sólidos suspensos totais (Figura 6) e no controle da comunidade microbiana com a retirada constante de organismos potencialmente causadores de mortalidade e a manutenção de uma comunidade ativa e mais saudável (RAY *et al.*, 2009).

Caso a aeração possa ser mantida de forma a colocar o material em suspensão na água, o uso de decantadores em viveiros pode aumentar a biomassa produzida e/ou diminuir a quantidade de trabalho necessário para a manutenção da estabilidade do sistema de cultivo.

## 7 – Considerações finais

O cultivo de camarões marinhos em meio heterotrófico está ganhando espaço no cenário mundial, gerando diversas linhas de pesquisa, com potencial de ser o sistema mais utilizado no cultivo de camarões. Isso tudo devido as suas benéficas características de incrementar a densidade de camarões produzidos diminuindo a conversão alimentar, uso de água e assim diminuindo o volume de efluentes gerados.

O manejo dos sólidos suspensos totais e dos sólidos sedimentáveis foi possível utilizando ambas as técnicas. Entretanto, no tratamento IR, este controle foi menos acurado, demandando mais tempo e mão de obra. Isso indica que o cultivo sem troca de água, com retirada de sólidos por sedimentação em um decantador acoplado ao tanque, tem um grande potencial de aplicação uma vez que permite a obtenção de animais maiores e produtividades mais elevadas, com menor consumo de água e melhor facilidade de manejo.

O uso de mescla de fertilizantes ricos em carbono aparentemente contribuiu na melhoria do desempenho dos animais cultivados, em relação aos cultivos anteriormente realizados. Todavia sua efetividade na redução dos gastos com alimento e nas taxas de crescimento deverá ser testada sob as mesmas condições de cultivo.

Desta maneira, o cultivo sem troca de água, com retirada de sólidos por sedimentação em um decantador acoplado ao tanque, e a utilização de fertilizantes como fonte de carbono orgânico mescladas, pode ser uma boa alternativa para implantação em larga escala. Este sistema apresenta potencial para obter melhores resultados produtivos quando comparado as técnicas atualmente utilizadas, baseadas na troca parcial de água dos tanques.

## 8 – Referencias Bibliográficas

ABCC. **Mercados e Marketing de produtos de camarão com valor agregado, uma perspectiva global**. Recife, 2003. 101p.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21a edição. Editora American Public Health Association. Washington, DC, 2005.

ARANTES, R. **Efeito da relação Carbono-Nitrogenio sobre a comunidade microbiana no cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei* sem renovação**. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Aquicultura) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Brasil. 2007.

ARANTES, R.. **Acompanhamento da qualidade da água no cultivo superintensivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos sob três arranjos de aeração com uso de separador de sólidos**. Departamento de aquicultura. , UFSC, Florianópolis, 2009. 61 p.

ARANTES, R., R. SCHVEITZER, *et al.* Preliminary results of a pump driven water circulation system for shrimp production on a super-intensive recirculating biofloc culture. **8th International conference Recirculating Aquaculture**. . Virginia Tech University, Blacksburg., 2010. 156-158 p.

ARANTES, R. F., F. VILANI, *et al.* Reclaimed Water from biofloc shrimp culture can significantly improve water use and conservation. **World Aquaculture 2011**. Natal, RN.: World Aquaculture Society, 2011. 57 p.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture** 176: 227-235. 1999

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**. 34, 172–178. 2006.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture** 264. 140-147. 2007.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology – A Practical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 2009.

BALCAZAR, J.L, *et al.* The role of probiotics in aquaculture. **Veterinary Microbiology**. 114, 173-186. 2006.

BOYD, C.E. & CLAY, J.W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Super-intensive Shrimp Aquaculture System**. Report prepared under the world bank, NACA, WWF and Fao Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17p. 2002.

BOYD C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn University, Auburn AL, USA. 1990.

BRATVOLD, D. &, BROWDY, C.L. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats<sup>TM</sup>) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system, **Aquaculture** 195, 81-94. 2001

BROWDY, C.L., BRATVOLD, D., STOKES, A.D. & MCINTOSH, R.P. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: The New Wave, Proceedings of the Special

Session on Sustainable Shrimp Culture, **Aquaculture 2001**. (ed. By Browdy C.L. & Jory D.E) pp 20-34. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.

BURFORD M.A., THOMPSON P.J., MCINTOSH R.P., BAUMAN R.H., PEARSON D.C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture** 219, 393-411. 2003

BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture** 232, 525–537. 2004.

CARVALHO, F.V. **Berçário experimental de camarões marinhos em sistema heterotrófico com uso de probiótico**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. Brasil. 2010.

CAVALCANTI, L.B.; MACEDO, S.J.; MONTES, M.J.F. Condições hidrobiológicas associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, na região estuarina do Rio Paraíba do Norte (Paraíba – Brasil). **Revista da ABCC**, ano 7, n. 4, p. 62 – 64. Dez. 2005.

COSTA, F. **Avaliação econômica do sistema de policultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) com tilápia (*Oreochromis niloticus*) em diferentes densidades de estocagem**. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Aquicultura) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Brasil. 2008.

CRAB, R., Y. AVNIMELECH, *et al.* Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v.270, n.1-4, p.1-14. 2007.

DECAMP O., CONQUEST L., FOSTER I., TACON A.G.J. The nutrition and feeding of marine shrimp within zero water exchange aquaculture production systems: role of eukaryotic microorganisms. In: **Microbial Approaches to Aquatic Nutrition Within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems**. (ed. By Lee C. S. & O'Brien P.) pp. 79 – 86. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, FL., USA. 2002.

ELOVAARA, A.K. Shrimp Farming Manual. **Practical Technology for Intensive Shrimp Production**. Miami, 220pp. 2003.

HARGREAVES, J.. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture** 166, 181–212. 1998.

HARGREAVES, J. A.. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering** 34, 344–363. 2006.

HENDERSON, J. P. & N. R. BROMAGE. Optimizing the removal of suspended solids from aquacultural effluents in settlement lakes. **Aquacultural Engineering**, v.7, n.3, p.167-181. 1988.

KHUN, D. *et al.* Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture** 309, 109-114. 2010

LIN, Y., CHEN, J.. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture** 224, 193–201. 2003.

MASSALÓ, I. Hydrodynamic Characterization of aquaculture tanks and design criteria for improving self-cleaning properties (tese). **Food and Agriculture Engineering and Biotechnology of The Technical University of Catalonia**, Technical University of Catalonia, Castelldefels, 2008. 52 p.

MCINTOSH D., SAMOCHA T.M., JONES E.R., LAWRENCE A.L., MCKEE D.A., HOROWITZ S., HOROWITZ A., The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. **Aquaculture Engineering**. 21. 215-227. 2000.

MOSS S.M. Dietary importance of microbes and detritus in Penaeid shrimp aquaculture. In: **Microbial Approaches to Aquatic Nutrition Within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems**. (ed. By Lee C. S. & O'Brien P.) pp.1-18. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, FL., USA. 2002.

MOSS S.M., OTOSHI C.A., MONTGOMERY A.D., MATSUDA E.M.. Recirculating Aquaculture Systems for the Production of Market-Sized Shrimp In: **Proceedings on the 4<sup>th</sup> International conference Recirculating Aquaculture**. P. 245-254. Virginia Tech University, Blacksburg. 2002.

MOSS S.M., FORSTER L.P., TACON A.G.J.. Sparing effect on pond water on vitamins in shrimp diets. **Aquaculture**. 258. 388-395. 2006.

MCGRAW, W. J.; et al. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* Post-larvae to Low Salinity: Influence of Age, Salinity Endpoint, and Rate of Salinity Reduction. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 1, p. 78-84, 2002.

MCGRAW, W.; SCARPA, J. Mortality of freshwater – acclimated *Litopenaeus vannamei* associated with acclimation rate, habituation period, and ionic challenge. **Aquaculture**, 236, p. 285 – 296. 2004.

NUNES, A.J.P. . Um ano de mudanças, perdas e ganhos. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro. V.15, n. 92, p. 26. 2005.

PANJAITAN, P.. **Field and laboratory study of *Penaeus monodon* culture with zero water exchange and limited water exchange model using molasses as a carbon source**. Ph.D. Thesis, Charles Darwin Univ., Darwin, NT, Australia. 2004.

RAY, A., A. SHULER, et al. Microbial Ecology and Management of Biofloc Systems In: C. Browdy e D. E. Jory (Ed.). **The rising tide, Proceeding of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming, World Aquaculture 2009**. Baton Rouge, Luisiana USA.: The World Aquaculture Society, 2009. Microbial Ecology and Management of Biofloc Systems p.255 - 266

RAY, A.; LEWIS, B.; BROWDY, C.; LEFFLER, J.. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems, **Aquaculture**, 299, 89–98. 2010,

REY, P.F. .**Avaliação de Diferentes Densidades de Estocagem de Tilápia Nilótica e *Litopenaeus vannamei* em Sistema de Policultivo no Sul do Brasil**. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Aquicultura) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Brasil. 2008.

RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha – desempenho em 2004. **Revista da ABCC**, v. 7, n. 2, p. 38-44, 2005.

SCOPEL, B. R. **Efeito da substituição da farinha de peixe em dietas para *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema superintensivo com bioflocos**. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Aquicultura) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Brasil, SC, 2010. 58 p.

SAMOCHA T.M.. Heterotrophic intensification of pond shrimp production. In: **Fifth International Conference on Recirculating Aquaculture**. Roanoke. 40-48. 2004.

SANCHES, E.G.; PANNUTI, C.V.; SEBASTIANI, E.F.. A piscicultura marinha como opção para a carcinicultura brasileira. **Aqüicultura & Pesca**, n. 36, novembro/dezembro, p. 12-19, 2008.

SCHNEIDER O., SERETI V., EDING E.H., VERRETH J.A.J. Molasses as C source for bacterial heterotrophic production on solid fish waste. **Aquaculture** 261, 1239-1248. 2006.

TACON, A.G.J.; NATES, S.F.; MCNEIL, R.J. Dietary feeding strategies for marine shrimp: a review. In: Avances en Nutrición Acuicola VII. **VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola**. Memórias. Noviembre, 2004, Sonora-México.

TAW, N.; FUAT, H.; TARIGAN, N.. SIDABUTAR K.. Partial Harvest/Biofloc System Promising for Pacific White Shrimp. **Global Aquaculture Alliance**. Setembro/Outubro. 2008

TAW, N.. Potential for Development of Bio-floc Technology for Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) **ASIAN PACIFIC AQUACULTURE, 2009**. Malaysia, Novembro.

TIMMONS, M. B. E J. M. EBELING. **Recirculating Aquaculture**. Ithaca, NY: NRAC Publication No. 01-007. 2007. 975 p.

THOMPSON F.L., ABREU P.C. & CAVALLI R.. The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. **Aquaculture** 174, 139-153. 1999.

VAN WYK, P., **Nutrition and Feeding of *Litopenaeus vannamei* in Intensive Culture Systems**. In: P. Van Wyk (Ed.). Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. . Tallahassee, Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Nutrition and Feeding of *Litopenaeus vannamei* in Intensive Culture Systems, p.125-140. 1999.

VAN WYK, P.. Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: Management and design considerations. In: **Proceedings o the 6th International Conference Recirculating Aquaculture**. p. 38-47 Virginia Tech University, Blacksburg. 2006.

VILANI, F *et al.*. Microbial metabolism during initial water fertilization in biofloc technology utilizing two sources of carbon.. **World Aquaculture 2011**. Natal, RN.: World Aquaculture Society, 2011. 57 p.

VINATEA, L. *et al.*. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering** 42, 17-24. 2010.

#### Internet

LEFFLER, J. **Biofloc Research at the Waddell Mariculture Center**. Disponível em: <http://floc.aesweb.org/content.asp?contentid=379>. Acesso em 01 de maio de 2011. 15:20.

